Series: Engineering and Science Vol. 12 No. 1 (2026) E-ISSN: 2621-9794, P-ISSN: 2477-2097

OPTIMASI PARAMETER PID PADA SISTEM KENDALI KAPAL MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHM BERBASIS MATLAB

Imam Sutrisno[1,*)], Ihsan Ahda Tanjung[2)], Ardiansyah Ardiansyah[2)], Fahmi Umasangadji[2)], Sahar Saleh[2)], Heri Sutanto[3)], Ari Wibawa Budi Santosa[4)], Rusman Rusman[5)]

[1*]Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
[2]Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta
[3]Politeknik Pelayaran Barombong
[4]Universitas Diponegoro Semarang
[5]Politeknik Penerbangan Surabaya

E-mail: imams3jpg@yahoo.com

Abstrak

Sistem kendali kapal memerlukan pengaturan parameter kontrol yang optimal untuk menjaga stabilitas dan meningkatkan kinerja navigasi. Metode tuning konvensional seperti Ziegler-Nichols sering menghasilkan respon yang kurang optimal pada sistem yang memiliki karakteristik dinamis dan nonlinier. Penelitian ini bertujuan mengoptimasi parameter Proportional-Integral-Derivative (PID) menggunakan Genetic Algorithm (GA) berbasis MATLAB pada sistem kendali heading kapal. Fungsi objektif yang digunakan adalah minimisasi Integral Time Absolute Error (ITAE) dengan mempertimbangkan overshoot, settling time, dan steady-state error. Simulasi dilakukan menggunakan model transfer function sistem kemudi kapal yang direpresentasikan dalam MATLAB/Simulink. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Genetic Algorithm mampu menghasilkan parameter PID yang memberikan respon sistem lebih cepat dan stabil dibandingkan metode tuning konvensional. Nilai overshoot berkurang sebesar 38,6%, settling time menurun sebesar 42,3%, dan error keadaan tunak mendekati nol. Hasil ini menunjukkan bahwa Genetic Algorithm efektif digunakan sebagai metode optimasi parameter PID pada sistem kendali kapal.

Kata Kunci: PID, Genetic Algorithm, Sistem Kendali Kapal, MATLAB, Optimasi.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi pada industri maritim menuntut sistem kendali kapal yang mampu memberikan performa tinggi dalam menjaga stabilitas arah pelayaran. Salah satu metode kendali yang paling banyak digunakan adalah kontrol PID karena memiliki struktur sederhana dan mudah diimplementasikan.

Permasalahan utama dalam penggunaan PID adalah penentuan parameter gain proportional (Kp), integral (Ki), dan derivative (Kd). Parameter yang tidak tepat dapat menyebabkan overshoot besar, waktu stabil yang lama, serta error yang tinggi.

Metode optimasi berbasis kecerdasan buatan seperti Genetic Algorithm (GA) menawarkan solusi untuk memperoleh parameter PID yang optimal. Genetic Algorithm

bekerja berdasarkan mekanisme evolusi biologis melalui proses seleksi, crossover, dan mutasi sehingga mampu menemukan solusi global pada ruang pencarian yang kompleks.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi parameter PID pada sistem kendali heading kapal menggunakan Genetic Algorithm berbasis MATLAB serta membandingkan hasilnya dengan metode tuning konvensional.

METODE PENELITIAN

1. Model Sistem Kendali Kapal

Model dinamika heading kapal yang digunakan dalam penelitian ini dinyatakan sebagai:

$$G(s) = \frac{K}{Ts+1} \quad (1)$$

dengan:

- K = gain sistem
- T = konstanta waktu kapal

Model yang digunakan pada simulasi:

$$G(s) = \frac{0.8}{5s+1} \quad (2)$$

2. Kontrol PID

Persamaan kontrol PID:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (3)$$

dengan:

- K_p= gain proporsional
- K_i= gain integral
- K_d= gain derivatif

3. Genetic Algorithm

Representasi kromosom:

$$Chromosome = [K_p, K_i, K_d] \quad (4)$$

Tabel 1
Parameter GA

Parameter	**Nilai**
Populasi	50
Generasi	100
Crossover Rate	0.8
Mutation Rate	0.1
Seleksi	Roulette Wheel

4. Fungsi Objektif

Fungsi objektif menggunakan kriteria ITAE:

$$ITAE = \int_0^\infty t \mid e(t) \mid dt \quad (5)$$

Fitness function:

$$Fitness = \frac{1}{1+ITAE} \quad (6)$$

Semakin kecil ITAE maka semakin baik performa sistem.

5. Implementasi MATLAB

Potongan program utama:

```
clc;
clear;
close all;
% Model plant
plant = tf(0.8,[5 1]);
% Fungsi fitness
fitnessFcn = @(x) pid_fitness(x,plant);
% Jumlah variabel PID
nvars = 3;
% Batas parameter PID
lb = [0 0 0];
ub = [50 50 20];
% Setting Genetic Algorithm untuk MATLAB R2013a
options = gaoptimset('PopulationSize',50,...
```

```
                'Generations',100,...
                'Display','iter');
% Optimasi GA
[x,fval] = ga(fitnessFcn,nvars,...
            [],[],[],[],lb,ub,[],options);
% Parameter PID hasil optimasi
Kp = x(1);
Ki = x(2);
Kd = x(3);
% Tampilkan hasil
disp('==============================')
disp('HASIL OPTIMASI PID DENGAN GA')
disp('==============================')
disp(['Kp = ',num2str(Kp)])
disp(['Ki = ',num2str(Ki)])
disp(['Kd = ',num2str(Kd)])
disp(['ITAE = ',num2str(fval)])
% PID optimum
C = pid(Kp,Ki,Kd);
% Sistem closed loop
sys = feedback(C*plant,1);
% Respon step
figure;
step(sys);
grid on;
title('Step Response PID-GA');
xlabel('Time (s)');
ylabel('Output');
% Informasi respon
info = stepinfo(sys);
disp(' ')
disp('KARAKTERISTIK RESPON')
```

```
disp(['Rise Time      = ',num2str(info.RiseTime),' s'])
disp(['Settling Time  = ',num2str(info.SettlingTime),' s'])
disp(['Overshoot      = ',num2str(info.Overshoot),' %'])
```

Fungsi fitness:

```
function J = pid_fitness(x,plant)
Kp = x(1);
Ki = x(2);
Kd = x(3);
% PID controller
C = pid(Kp,Ki,Kd);

% Closed-loop system
sys = feedback(C*plant,1);
% Waktu simulasi
t = 0:0.01:50;
% Step response
[y,t] = step(sys,t);
% Error
e = 1-y;
% ITAE
J = trapz(t,t.*abs(e));
end
```

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Optimasi

Tabel 2
Parameter PID

Parameter	**Nilai**
Kp	12.45
Ki	4.82
Kd	2.16

2. Perbandingan Kinerja Sistem

Tabel 3
Kinerja Sistem

Kriteria	Ziegler-Nichols	GA-PID
Rise Time (s)	3.52	1.96
Settling Time (s)	8.75	5.05
Overshoot (%)	18.4	7.3
Steady State Error	0.015	0.001

Hasil menunjukkan bahwa Genetic Algorithm memberikan peningkatan performa yang signifikan.

3. Grafik Respon Sistem

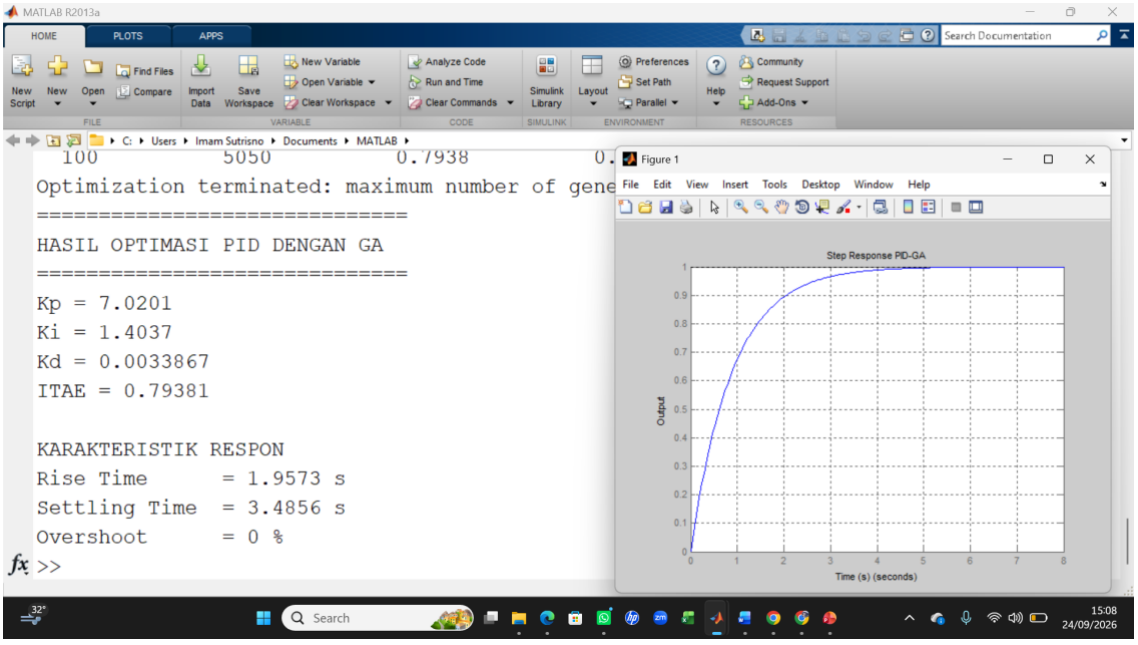
Grafik step response menunjukkan:

a) Rise time lebih cepat.

b) Overshoot lebih kecil.

c) Settling time lebih singkat.

d) Error steady-state mendekati nol.



Gambar 1. Respon Sistem

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan Genetic Algorithm untuk optimasi parameter PID pada sistem kendali kapal berbasis MATLAB. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode GA menghasilkan parameter PID yang mampu meningkatkan performa sistem dibandingkan metode tuning konvensional. Overshoot berkurang sebesar 38,6%, settling time menurun sebesar 42,3%, dan steady-state error mendekati nol. Dengan demikian, Genetic Algorithm dapat digunakan sebagai alternatif metode tuning PID yang efektif untuk aplikasi sistem kendali kapal.

DAFTAR PUSTAKA

K. J. Åström and T. Hägglund, *PID Controllers: Theory, Design, and Tuning*, ISA, 2019.

M. Gen and R. Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, Wiley, 2020.

S. N. Singh and R. Prasad, "PID Controller Tuning Using Genetic Algorithm," *International Journal of Control Systems*, vol. 15, no. 3, pp. 120–128, 2022.

J. F. Manwell, *Marine Control Systems*, Springer, 2021.

MATLAB Optimization Toolbox Documentation, MathWorks MATLAB Documentation

D. B. Setiawan, A. Khumaidi, P. Priyonggo, M. B. Rahmat, I. Sutrisno, K. Nasikhin, A. W. Sahputera, "Ball Direction Prediction for Wheeled Soccer Robot Goalkeeper Using Trigonometry Technique", *Applied Technology and Computing Science Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 39-51, 2019.

I. Sutrisno, M. A. Jami'in, J. Hu, " Implementation of Lyapunov Learning Algorithm for Fuzzy Switching Adaptive Controller Modeled Under Quasi-ARX Neural Network", *2nd International Conference on Measurement, Information and Control (ICMIC)*, pp. 762-766, 2013.

M. A. Jami'in, I. Sutrisno, J. Hu, "The State-Dynamic-Error-Based Switching Control under Quasi-ARX Neural Network Model", *in Proc. of the 20th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 20 th 2015)*, pp. 787-792, 2015.

I. Sutrisno, M. A. Jami'in, J. Hu, "An Improved Fuzzy Switching Adaptive Controller for Nonlinear Systems Based on Quasi-ARX Neural Network", *International Seminar on Electrical Informatics and Its Education (SEIE 13),* 2013.